



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10260346 A**

(43) Date of publication of application: 29 . 09 . 98

(51) Int. Cl. **G02B 13/04**(21) Application number: **09085921**(71) Applicant: **FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD**

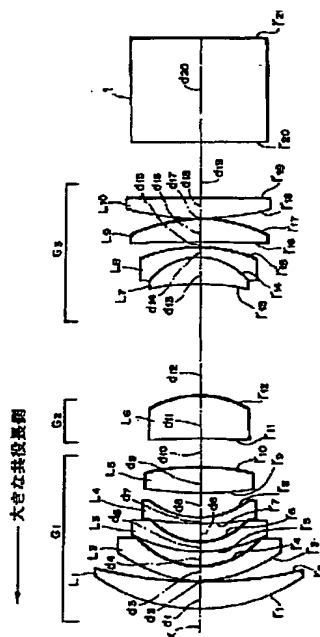
(22) Date of filing: 18 . 03 . 97

(72) Inventor: **NAKAZAWA KIMIAKI****(54) RETROFOCUS TYPE LENS****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain long back focus and telecentricity, to reduce distortion and chromatic aberration, and to simplify focus structure by arranging respective negative, positive, and positive lens groups in order from a large conjugate length side and performing focus adjustment by a convex lens arranged on the smallest conjugate length side of the 1st lens group.

**SOLUTION:** This lens system is constituted by arranging a 1st lens group  $G_1$  which has negative refracting power and has the convex lens  $L_5$  arranged on the smallest conjugate length side, a 2nd lens group  $G_2$  which makes nearly afocal the luminous flux diverged by the 1st lens group  $G_1$ , and has positive refracting power, and a 3rd lens group  $G_3$  which has positive refracting power in order from the large conjugate length side, and the focus is adjusted by moving the said convex lens  $L_5$  on the optical axis.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-260346

(43)公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

G 0 2 B 13/04

識別記号

F I

G 0 2 B 13/04

D

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-85921

(22)出願日 平成9年(1997) 3月18日

(71)出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県大宮市植竹町 1 丁目324番地

(72)発明者 仲澤 公昭

埼玉県大宮市植竹町 1 丁目324番地 富士

写真光機株式会社内

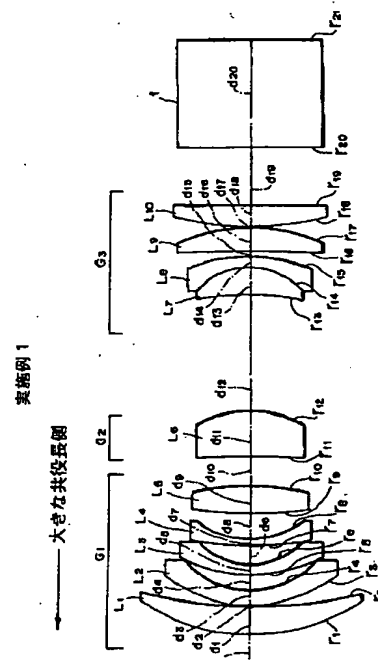
(74)代理人 弁理士 川野 宏

(54)【発明の名称】 レトロフォーカス型レンズ

(57)【要約】

【目的】 大きな共役長側から順に、負、正、正の各レンズ群を配設し、第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズによりフォーカス調整を行うことで、長いバックフォーカスとテレセントリック性を有し、ディストーションと色収差を小さくし、フォーカス構造を簡単にする。

【構成】 大きな共役長側から順に、負の屈折力を有し、最も小さな共役長側に凸レンズ $L_1$ を配置した第1レンズ群 $G_1$ と、第1レンズ群 $G_1$ で発散された光束を略アフォーカルとする、正の屈折力を有する第2レンズ群 $G_2$ と、正の屈折力を有する第3レンズ群 $G_3$ とを配設してなり、第1レンズ群 $G_1$ の最も小さな共役長側に配置された凸レンズ $L_1$ を光軸上で移動させてフォーカス調整を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 大きな共役長側から順に、負の屈折力を有し、最も小さな共役長側に凸レンズを配置した第1レンズ群と、

該第1レンズ群で発散された光束を略アフォーカルとする、正の屈折力を有する第2レンズ群と、  
正の屈折力を有する第3レンズ群とを配設してなり、  
前記第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズを光軸上で移動させてフォーカス調整を行うことを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項2】 前記第1レンズ群は、

少なくとも2枚の凸レンズと、

小さな共役長側に曲率半径の小さな面を向けた少なくとも2枚の凹レンズとからなることを特徴とする請求項1記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項3】 前記第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズの焦点距離を $f_{1s}$ とし、全系の焦点距離を $f_0$ とすると、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1または請求項2記載のレトロフォーカス型レンズ。

$$1. \quad 3 < f_{1s} / f_0 < 3.5$$

【請求項4】 前記第3レンズ群は、

大きな共役長側から順に、凸レンズと凹レンズとからなる接合レンズと、

少なくとも2枚の凸レンズとを配設してなることを特徴とする請求項1から請求項3のうちのいずれか1項記載のレトロフォーカス型レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レトロフォーカス型レンズに関し、特に異なる色情報を有する複数の画像を合成プリズムで合成した後、スクリーン面上に拡大投影するようにしたカラー液晶プロジェクタに使用するレトロフォーカス型レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、複数の液晶（液晶ライトバルブ）に表示されている画像を光学的に重ね合わせて、投影レンズによりスクリーン面上に投影するようにしたカラー液晶型プロジェクタが種々提案されている。

【0003】従来のカラー液晶型プロジェクタの一例を図11を用いて説明する。この従来のカラー液晶型ビデオプロジェクタ50は、図11に示すように、光源51と、一対のレンズアレイ52a, 52bと、3原色光源を分離する第1および第2のダイクロイックミラー53a, 53bと、第1、第2、第3および第4の全反射ミラー54a, 54b, 54c, 54dと、3つの液晶表示パネル（赤色光用）55a、（緑色光用）55b、（青色光用）55cと、3原色光を合成するダイクロイックプリズム56とを備え、このダイクロイックプリズム56の射出側に投影レンズ57を備えている。

【0004】上記光源51はハロゲンランプ、あるいはメ

タルハライドランプ等の高輝度白色光源である。なお、通常、この光源51の光射出側には、紫外光および赤外光をカットするUV/IRカットフィルタが配され、また光源51およびその近傍を空冷等により冷却するための冷却手段が設けられている。

【0005】第1のダイクロイックミラー53aは緑色光／青色光反射ミラーであり、また第2のダイクロイックミラー53bは緑色光反射ミラーであって、各々ガラス基板上に所定の原色光をミラーとして反射する分光特性を有する誘電体多層膜からなるダイクロイック膜が施されて形成されている。また、3つの液晶表示パネル55a, 55b, 55cは各々ツイステッド・ネマティック型等（TN型、STN型、TF型）の液晶表示素子からなり、図示されない液晶ドライバからの対応する液晶信号に応じて映像を表示し、入射された各原色光を輝度変調する。

【0006】さらに、ダイクロイックプリズム56は、4個の直角プリズムを接合してなり、その直交する2つの接合面には、各々赤色光反射ミラーおよび青色光反射ミラーとしての分光特性を有する誘電体多層膜からなるダイクロイック膜が施されて形成されており、赤、緑、青の3原色光を白色光の1本の光束に合成することが可能である。また、青色光用の系中にはフィールドレンズ58aおよびリレーレンズ58bが配されており、また、各液晶表示パネル55a, 55b, 55cの前段には各々フィールドレンズ59a, 59b, 59cが配されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記した構成からなる液晶ビデオプロジェクタ50に使用する投影レンズ57は、合成された3原色光を所定の距離に配されたスクリーン上に投射し、このスクリーン上にフルカラー画像を拡大投影することができるように構成されている。

【0008】この投影レンズ57には、以下のような性質が要求される。まず、クロスダイクロイックプリズム56で光を合成するため、色収差が小さく、長いバックフォーカスを有し、テレセントリックであることが必要である。また、短い投影距離で大きな投影像を得るために、投影レンズ57を広角化することが必要である。さらに、四角形の液晶表示パネル55a, 55b, 55cを歪み無く投影するために、低ディストーション化することが必要である。

【0009】従来、バックフォーカスの長い広角レンズとして、一眼レフレックスカメラの広角レンズとして用いられるレトロフォーカス型レンズが知られている。しかしながら、従来の一一眼レフレックスカメラの広角レンズとして用いられているレトロフォーカス型レンズは、射出角度がきつく、テレセントリックにはなっていない。したがって、このようなレトロフォーカス型レンズをカラー液晶型プロジェクタに用いた場合には、クロスダイクロイックプリズム56で色を合成する際に、スクリーン上で色むらが発生するという問題点がある。この

ため、従来のレトロフォーカス型レンズを、そのままカラー液晶型ビデオプロジェクタの投影レンズとして用いることはできない。

【0010】また、従来の投影レンズのフォーカス方法には、レンズ全体を一体で移動させる方法と、複数のレンズ群を移動してフローティングさせ、フォーカスによる像面の倒れを補正する方法とが知られている。しかしながら、上記した従来のフォーカス方法では、レンズとマウントとの取付部の鏡筒系が大きくなるばかりでなく、装置構造が複雑になるという問題点がある。

【0011】本発明は上記事情に鑑みなされたもので、長いバックフォーカスとテレセントリック性を有するとともに、ディストーションと色収差の小さい良好な光学性能を有し、さらに簡単なフォーカス構造を備えたコンパクトなレトロフォーカス型レンズを提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のレトロフォーカス型レンズは、大きな共役長側から順に、負の屈折力を有し、最も小さな共役長側に凸レンズを配置した第1レンズ群と、該第1レンズ群で発散された光束を略アフォーカルとする、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを配設してなり、前記第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズを光軸上で移動させてフォーカス調整を行うことを特徴とするものである。また、第1レンズ群は、少なくとも2枚の凸レンズと、小さな共役長側に曲率半径の小さな面を向けた少なくとも2枚の凹レンズとからなることが望ましい。

【0013】さらに、第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズの焦点距離を $f_{1R}$ とし、全系の焦点距離を $f_0$ とすると、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$1. \quad 3 < f_{1R}/f_0 < 3.5$$

また、第3レンズ群は、大きな共役長側から順に、凸レンズと凹レンズとからなる接合レンズと、少なくとも2枚の凸レンズとを配設してなることが望ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。図1～5は、各々本発明の実施例1～5に係るレトロフォーカス型レンズの構成を示したものである。

【0015】本発明の実施例に係るレトロフォーカス型レンズは、図1～5に示すように、大きな共役長側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 $G_1$ と、該第1レンズ群 $G_1$ で発散された光束を略アフォーカルとする、正の屈折力を有する第2レンズ群 $G_2$ と、正の屈折力を有する第3レンズ群 $G_3$ とを配設した、10枚（実施例4では9枚）のレンズ構成からなる。また、第5レンズ $L_5$ （実施例4では第4レンズ $L_4$ ）は、光軸上で移

動可能となっていて、この第5レンズ $L_5$ （実施例4では第4レンズ $L_4$ ）を光軸上で移動させることによりフォーカス調整を行う。さらに、全系の小さな共役長側には、フィルタブロック1を配置してある。

【0016】このようなレンズ構成とすることにより、長いバックフォーカスとテレセントリック性を有し、ディストーションと色収差が改善される。また、第1レンズ群 $G_1$ の最も小さな共役長側に配置された第5レンズ $L_5$ （実施例4では第4レンズ $L_4$ ）を光軸上で移動させてフォーカス調整を行うことにより、鏡筒径が小さくなり、装置構造が単純でコンパクトとなる。

【0017】上記した第1レンズ群 $G_1$ は、少なくとも2枚の凸レンズ $L_{11}$ 、 $L_{12}$ （実施例4では $L_{11}$ 、 $L_{12}$ ）と、小さな共役長側に曲率半径の小さな面を向けた少なくとも2枚の凹レンズ $L_{13}$ 、 $L_{14}$ （実施例4では $L_{13}$ 、 $L_{14}$ ）とを配設したものである。第1レンズ群 $G_1$ をこのようなレンズ構成とすることにより、さらにディストーションと色収差を改善することができる。

【0018】また、第1レンズ群 $G_1$ の最も小さな共役長側に配置された第5レンズ $L_5$ （実施例4では第4レンズ $L_4$ ）の焦点距離を $f_{1R}$ とし、全系の焦点距離を $f_0$ とすると、下記の条件式を満足するように構成されている。

$$1. \quad 3 < f_{1R}/f_0 < 3.5$$

上記条件式において、 $f_{1R}/f_0$ の値が上式の下限を下回ると、フォーカスを行うレンズのパワーが強くなりすぎ、諸収差、特に色収差の発生が大となる。

【0019】一方、 $f_{1R}/f_0$ の値が上式の上限を上回ると、フォーカスを行うレンズのパワーが小さくなりすぎ、前側のレンズの径が大きくなりすぎてしまうととも、レンズの移動距離も大きくなるので、レンズ系全体をコンパクトとすることが困難となる。そこで、上記した条件式を満足することにより、諸収差、特に色収差を良好とし、レンズ全系をコンパクトなものとしている。

【0020】上記した第2レンズ群 $G_2$ は、正の屈折力を有するレンズ $L_2$ （実施例4では $L_2$ ）からなる。この第2レンズ群 $G_2$ により、第1レンズ群 $G_1$ で発散された光束を略アフォーカルとする。

【0021】上記した第3レンズ群 $G_3$ は、大きな共役長側から順に、凸レンズ $L_3$ と凹レンズ $L_4$ （実施例4では凸レンズ $L_3$ と凹レンズ $L_4$ ）からなる接合レンズと、少なくとも2枚の凸レンズ $L_{31}$ 、 $L_{32}$ （実施例4では凸レンズ $L_{31}$ 、 $L_{32}$ ）とを配設してなる。これにより、テレセントリック性をさらに改善するとともに、色収差を補正することができる。

【0022】以下、具体的な数値を用いて上記実施例1～5を説明する。

<実施例1>本発明の実施例1に係るレトロフォーカス型レンズについて図1を用いて説明する。この実施例1では、上記した第1レンズ群 $G_1$ は、大きな共役長側か

ら順に、大きな共役長側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ $L_1$ 、大きな共役長側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、大きな共役長側に弱い曲率の面を向けた両凸レンズ $L_5$ を配設してなる。上記した第2レンズ群 $G_2$ は、大きな共役長側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ $L_6$ からなる。

【0023】上記した第3レンズ群 $G_3$ は、大きな共役長側から順に、大きな共役長側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ $L_7$ と大きな共役長側に凹面を向けた負のメニスカスレンズ $L_8$ との接合レンズ、大きな共役長側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ $L_9$ 、大きな共役長側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ $L_{10}$ を配設してなる。なお、第1レンズ群 $G_1$ の最も小さな共役長側に配置された第5レンズ $L_5$ の焦点距離を $f_{1,5}$ とし、全 \*

面	r (mm)	d (mm)	$n_d$	$\nu_d$
1	2.233	0.327	1.77250	49.6
2	5.706	0.008		
3	1.522	0.174	1.83400	37.3
4	0.958	0.181		
5	1.678	0.121	1.83400	37.3
6	0.720	0.226		
7	3.029	0.102	1.83500	43.0
8	0.923	0.308		
9	3.748	0.341	1.69895	30.1
10	-2.877	0.391		
11	-6.458	0.537	1.51680	64.2
12	-1.096	1.458		
13	-2.238	0.333	1.51680	64.2
14	-0.736	0.121	1.84666	23.8
15	-1.661	0.063		
16	-22.733	0.294	1.58913	61.3
17	-1.724	0.008		
18	2.785	0.260	1.72000	50.3
19	982.874	0.712		
20	0.0	1.345	1.51680	64.2
21	0.0			

【0026】次に、上記実施例1についての球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差を図6に示す。これら各収差図によれば、実施例1に係るレトロフォーカス型レンズは良好な光学性能を維持していることが明らかである。

【0027】＜実施例2＞本発明の実施例2に係るレトロフォーカス型レンズについて図2を用いて説明する。

\*系の焦点距離を $f_0$ とすると、 $f_{1,5}/f_0$ が2.38となるように設定されている。したがって、前述した条件式は満足されている。

【0024】また、この実施例1に係るレトロフォーカス型レンズの焦点距離 $f$ は1.0、Fナンバは3.5、画角 $2\omega$ は $67.4^\circ$ である。以下、実施例1に係るレトロフォーカス型レンズの各レンズ面の曲率半径 $r$  (mm)、各レンズの中心厚および各レンズの空気間隔 $d$  (mm)、各レンズの $d$ 線における屈折率 $n$ およびアッペ数 $\nu$ を表1に示す。ただし、この表1および後述する表2～5において、各記号 $r$ 、 $d$ 、 $n$ 、 $\nu$ に対応させた数字は大きな共役長側から順次増加するようになっている。

【0025】

【表1】

この実施例2に係るレトロフォーカス型レンズは、図2に示すように、上記実施例1に係るレトロフォーカス型レンズとはほぼ同様の10枚のレンズ構成とされているが、主として、第2レンズ群 $G_2$ の第6レンズ $L_6$ が大きな共役長側に曲率の小さな面を向けた両凸レンズとされ、第3レンズ群 $G_3$ の第10レンズ $L_{10}$ が大きな共役長側に曲率の大きな面を向けた両凸レンズとされている

点で上記実施例1のものとは異なっている。

【0028】なお、第1レンズ群G<sub>1</sub>の最も小さな共役長側に配置された第5レンズL<sub>5</sub>の焦点距離をf<sub>1s</sub>とし、全系の焦点距離をf<sub>0</sub>とすると、f<sub>1s</sub>/f<sub>0</sub>が2.82となるように設定されている。したがって、前述した条件式は満足されている。また、この実施例2に係るレトロフォーカス型レンズの焦点距離fは1.0、Fナンバは3。\*

面	r (mm)	d (mm)	n <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
1	2.524	0.300	1.70154	41.2
2	7.266	0.008		
3	1.679	0.175	1.76182	26.6
4	0.961	0.210		
5	1.995	0.121	1.72342	38.0
6	0.856	0.217		
7	5.909	0.102	1.72342	38.0
8	0.947	0.343		
9	12.955	0.272	1.84666	23.8
10	-2.902	0.393		
11	18.440	0.786	1.48749	70.4
12	-1.195	1.569		
13	-2.378	0.346	1.78749	70.4
14	-0.743	0.121	1.84666	23.8
15	-1.643	0.081		
16	-6.330	0.259	1.62299	58.1
17	-1.731	0.008		
18	2.849	0.285	1.62299	58.1
19	-6.493	0.699		
20	0.0	1.345	1.51680	64.2
21	0.0			

【0030】次に、上記実施例2についての球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差を図7に示す。これら各収差図によれば、実施例2に係るレトロフォーカス型レンズは良好な光学性能を維持していることが明らかである。

【0031】＜実施例3＞本発明の実施例3に係るレトロフォーカス型レンズについて図3を用いて説明する。この実施例3に係るレトロフォーカス型レンズは、図3に示すように、上記実施例1に係るレトロフォーカス型レンズとはほぼ同様の10枚のレンズ構成とされているが、主として、第1レンズ群G<sub>1</sub>の第5レンズL<sub>5</sub>が大きな共役長側に凹面を向けた正のメニスカスレンズとされ、第2レンズ群G<sub>2</sub>の第6レンズL<sub>6</sub>が大きな共役長側に曲率の小さな面を向けた両凸レンズとされている点で

\* 5、画角2ωは67.4°である。以下、実施例2に係るレトロフォーカス型レンズの各レンズ面の曲率半径r (mm)、各レンズの中心厚および各レンズの空気間隔d (mm)、各レンズのd線における屈折率nおよびアッベ数νを表2に示す。

【0029】  
【表2】

上記実施例1のものとは異なっている。

【0032】なお、第1レンズ群G<sub>1</sub>の最も小さな共役長側に配置された第5レンズL<sub>5</sub>の焦点距離をf<sub>1s</sub>とし、全系の焦点距離をf<sub>0</sub>とすると、f<sub>1s</sub>/f<sub>0</sub>が3.19となるように設定されている。したがって、前述した条件式は満足されている。また、この実施例3に係るレトロフォーカス型レンズの焦点距離fは1.0、Fナンバは3。5、画角2ωは67.4°である。以下、実施例3に係るレトロフォーカス型レンズの各レンズ面の曲率半径r (mm)、各レンズの中心厚および各レンズの空気間隔d (mm)、各レンズのd線における屈折率nおよびアッベ数νを表3に示す。

【0033】  
【表3】

9 面	r (mm)	d (mm)	$n_d$	$\nu_d$
1	2.753	0.288	1.70154	41.2
2	8.015	0.008		
3	1.520	0.175	1.76182	26.6
4	0.960	0.238		
5	2.365	0.121	1.72342	38.0
6	0.782	0.240		
7	6.459	0.102	1.72342	38.0
8	1.140	0.321		
9	-221.088	0.228	1.84666	23.8
10	-2.672	0.394		
11	5.771	0.863	1.48749	70.4
12	-1.236	1.568		
13	-1.664	0.369	1.48749	70.4
14	-0.688	0.121	1.84666	23.8
15	-1.408	0.081		
16	-61.789	0.290	1.62299	58.1
17	-1.683	0.008		
18	2.911	0.208	1.62299	58.1
19	78.015	0.693		
20	0.0	1.345	1.51680	64.2
21	0.0			

次に、上記実施例3についての球面収差、非点収差、デ  
ィストーションおよび倍率色収差を図8に示す。これら  
各収差図によれば、実施例3に係るレトロフォーカス型  
レンズは良好な光学性能を維持していることが明らかで  
ある。

【0034】<実施例4>本発明の実施例4に係るレト  
ロフォーカス型レンズについて図4を用いて説明する。  
この実施例4に係るレトロフォーカス型レンズは、図4  
に示すように、上記実施例1に係るレトロフォーカス型  
レンズとはほぼ同様のレンズ構成とされているが、第1レ  
ンズ群 $G_1$ が4枚のレンズ構成とされ、全系で9枚のレ  
ンズ構成とされている点で上記実施例1のものとは異な  
っている。

【0035】具体的には、上記した第1レンズ群 $G_1$   
は、大きな共役長側から順に、大きな共役長側に凸面  
を向けた正のメニスカスレンズ $L_1$ 、大きな共役長側に  
凸面を向けた負のメニスカスレンズ $L_2$ 、 $L_3$ 、大きな共  
役長側に曲率の小さな面を向けた両凸レンズ $L_4$ からな  
る。なお、第4レンズ $L_4$ は、光軸上で移動可能となっ  
ていて、この第4レンズ $L_4$ を光軸上で移動させること  
によりフォーカス調整を行う。

【0036】上記した第2レンズ群 $G_2$ は、大きな共役  
長側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ $L_5$ からな  
る。上記した第3レンズ群 $G_3$ は、大きな共役長側から  
順に、大きな共役長側に凹面を向けた正のメニスカス  
レンズ $L_6$ と大きな共役長側に凹面を向けた負のメニスカ  
スレンズ $L_7$ との接合レンズ、大きな共役長側に曲率の  
小さな面を向けた両凸レンズ $L_8$ 、大きな共役長側に曲  
率の大きな面を向けた両凸レンズ $L_9$ からなる。

【0037】なお、第1レンズ群 $G_1$ の最も小さな共役  
長側に配置された第4レンズ $L_4$ の焦点距離を $f_{1R}$ と  
し、全系の焦点距離を $f_0$ とすると、 $f_{1R}/f_0$ が1.65と  
なるように設定されている。したがって、前述した条件  
式は満足されている。また、この実施例4に係るレト  
ロフォーカス型レンズの焦点距離 $f$ は1.0、Fナンバは4.  
0、画角 $2\omega$ は $67.4^\circ$ である。以下、実施例4に係るレ  
トロフォーカス型レンズの各レンズ面の曲率半径 $r$  (mm)、  
各レンズの中心厚および各レンズの空気間隔 $d$   
(mm)、各レンズの $d$ 線における屈折率 $n$ およびアッ  
ベ数 $\nu$ を表4に示す。

【0038】

【表4】

11 面	r (mm)	d (mm)	n <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>	12
1	1.706	0.307	1.71300	53.9	
2	5.132	0.005			
3	1.179	0.148	1.83400	37.3	
4	0.641	0.269			
5	6.669	0.102	1.83400	37.3	
6	0.639	0.422			
7	4.174	0.268	1.80610	33.3	
8	-1.890	0.322			
9	-1.126	0.161	1.48749	70.4	
10	-0.770	1.269			
11	-5.377	0.309	1.48749	70.4	
12	-0.724	0.121	1.84666	23.8	
13	-1.642	0.008			
14	171.607	0.211	1.48749	70.4	
15	-1.820	0.008			
16	4.190	0.193	1.77250	49.6	
17	-5.518	0.684			
18	0.0	1.345	1.51680	64.2	
19	0.0				

【0039】次に、上記実施例4についての球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差を図9に示す。これら各収差図によれば、実施例4に係るレトロフォーカス型レンズは良好な光学性能を維持していることが明らかである。

【0040】＜実施例5＞本発明の実施例5に係るレトロフォーカス型レンズについて図5を用いて説明する。この実施例5に係るレトロフォーカス型レンズは、図5に示すように、上記実施例1に係るレトロフォーカス型レンズとはほぼ同様の10枚のレンズ構成とされているが、主として、第1レンズ群G<sub>1</sub>の第1レンズL<sub>1</sub>が大きな共役長側に凸面を向けた負のメニスカスレンズとされ、第1レンズ群G<sub>1</sub>の第2レンズL<sub>2</sub>が大きな共役長側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとされ、第3レンズ群G<sub>3</sub>の第10レンズL<sub>10</sub>が大きな共役長側に曲率の

大きな面を向けた両凸レンズとされている点で上記実施例1のものとは異なっている。

【0041】なお、第1レンズ群G<sub>1</sub>の最も小さな共役長側に配置された第5レンズL<sub>5</sub>の焦点距離をf<sub>1s</sub>とし、全系の焦点距離をf。とすると、f<sub>1s</sub>/f。が2.80となるように設定されている。したがって、前述した条件式は満足されている。また、この実施例5に係るレトロフォーカス型レンズの焦点距離fは1.0、Fナンバは3.5、画角2ωは67.4°である。以下、実施例5に係るレトロフォーカス型レンズの各レンズ面の曲率半径r (mm)、各レンズの中心厚および各レンズの空気間隔d (mm)、各レンズのd線における屈折率nおよびアッベ数νを表5に示す。

【0042】

【表5】



13 面	r (mm)	d (mm)	$n_d$	$v_d$ 14
1	2.234	0.176	1.84666	23.8
2	1.592	0.079		
3	1.808	0.367	1.83500	43.0
4	6.305	0.008		
5	1.320	0.122	1.83500	43.0
6	0.668	0.333		
7	3.886	0.103	1.83500	43.0
8	0.832	0.378		
9	8.824	0.232	1.84666	23.8
10	-3.208	0.381		
11	-5.677	0.594	1.51680	64.2
12	-1.046	1.282		
13	-2.233	0.350	1.60311	60.7
14	-0.666	0.122	1.84666	23.8
15	-1.772	0.209		
16	-2.895	0.202	1.77250	49.6
17	-1.828	0.008		
18	3.577	0.303	1.80420	46.5
19	-4.591	0.718		
20	0.0	1.345	1.51680	64.2
21	0.0			

【0043】次に、上記実施例5についての球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差を図10に示す。これら各収差図によれば、実施例5に係るレトロフォーカス型レンズは良好な光学性能を維持していることが明らかである。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように本発明のレトロフォーカス型レンズは、第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズを光軸上で移動させることによりフォーカス調整を行うように構成しているので、長いバックフォーカスとテレセントリック性を有し、ディストーションと色収差が改善されるとともに、簡単なフォーカス構造を備えたコンパクトなレトロフォーカス型レンズを提供することができる。また、第1レンズ群を、少なくとも2枚の凸レンズと、小さな共役長側に曲率半径の小さな面を向けた少なくとも2枚の凹レンズとから構成することにより、さらにディストーションと色収差を改善することができる。また、第1レンズ群の最も小さな共役長側に配置された凸レンズの焦点距離を $f_{1s}$ とし、全系の焦点距離を $f$ とした場合に、 $1.3 < f_{1s}/f < 3.5$ の条件式を満足することで、諸収差、特に色収

差を良好とし、レンズ全系をコンパクトなものとすることができる。さらに、第3レンズ群を、大きな共役長側から順に、凸レンズと凹レンズからなる接合レンズと、少なくとも2枚の凸レンズとを配設して構成することにより、さらにテレセントリック性が改善されるとともに、色収差を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係るレトロフォーカス型レンズを示す断面図

【図2】本発明の実施例2に係るレトロフォーカス型レンズを示す断面図

【図3】本発明の実施例3に係るレトロフォーカス型レンズを示す断面図

【図4】本発明の実施例4に係るレトロフォーカス型レンズを示す断面図

【図5】本発明の実施例5に係るレトロフォーカス型レンズを示す断面図

【図6】本発明の実施例1に係るレトロフォーカス型レンズの諸収差を示す収差図

【図7】本発明の実施例2に係るレトロフォーカス型レンズの諸収差を示す収差図

【図8】本発明の実施例3に係るレトロフォーカス型レンズの諸収差を示す収差図

【図9】本発明の実施例4に係るレトロフォーカス型レンズの諸収差を示す収差図

【図10】本発明の実施例5に係るレトロフォーカス型レンズの諸収差を示す収差図

【図11】従来のカラー液晶型プロジェクタの一例を示す断面図

【符号の説明】

$G_1 \sim G_3$  第1～3レンズ群

$L_1 \sim L_3$  レンズ

$d_1 \sim d_3$  レンズの軸上面間隔および厚さ

$r_1 \sim r_3$  レンズの曲率半径

\* X

光軸

1

フィルタブロック

50

カラー液晶型プロジェクタ

51

光源

52a,b

レンズアレイ

53a,b

ダイクロイックミラー

54a,b,c,d

全反射ミラー

55a,b,c

液晶表示パネル

56

ダイクロイックプリズム

10

57

投影レンズ

58a,59a,b,c

フィールドレンズ

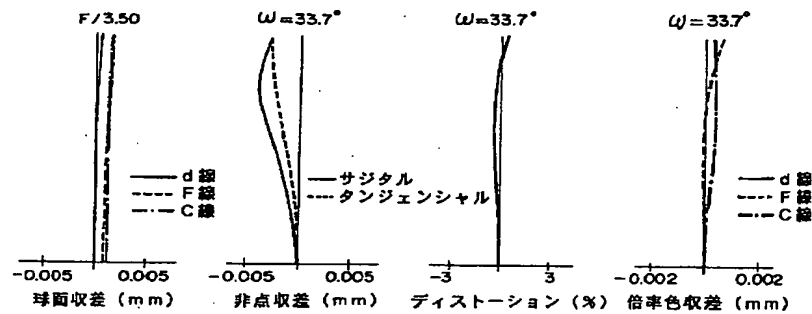
58b

リレーレンズ

\*

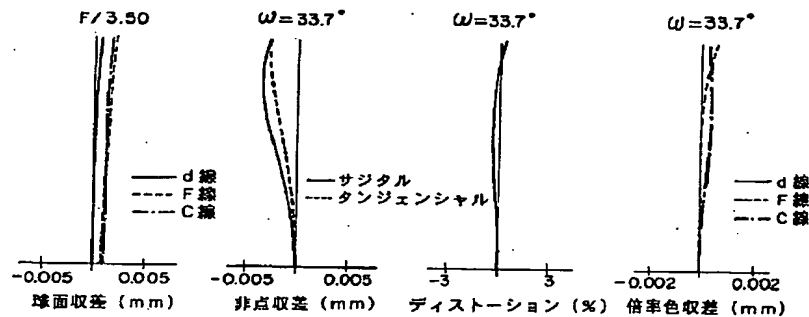
【図6】

実施例1



【図7】

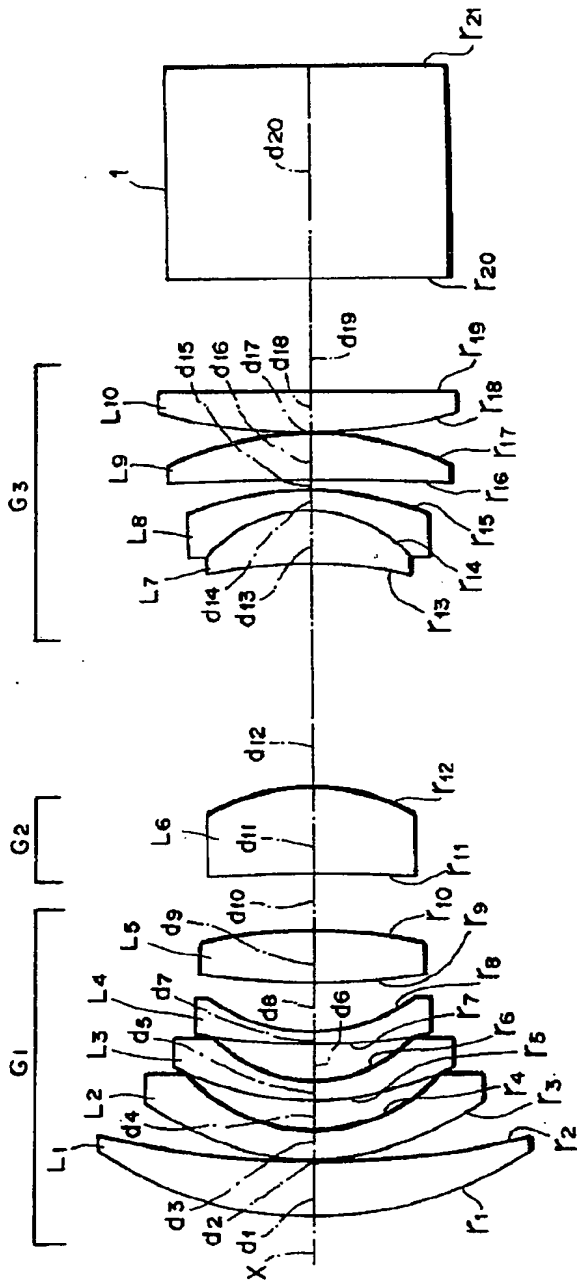
実施例2



【図1】

実施例 1

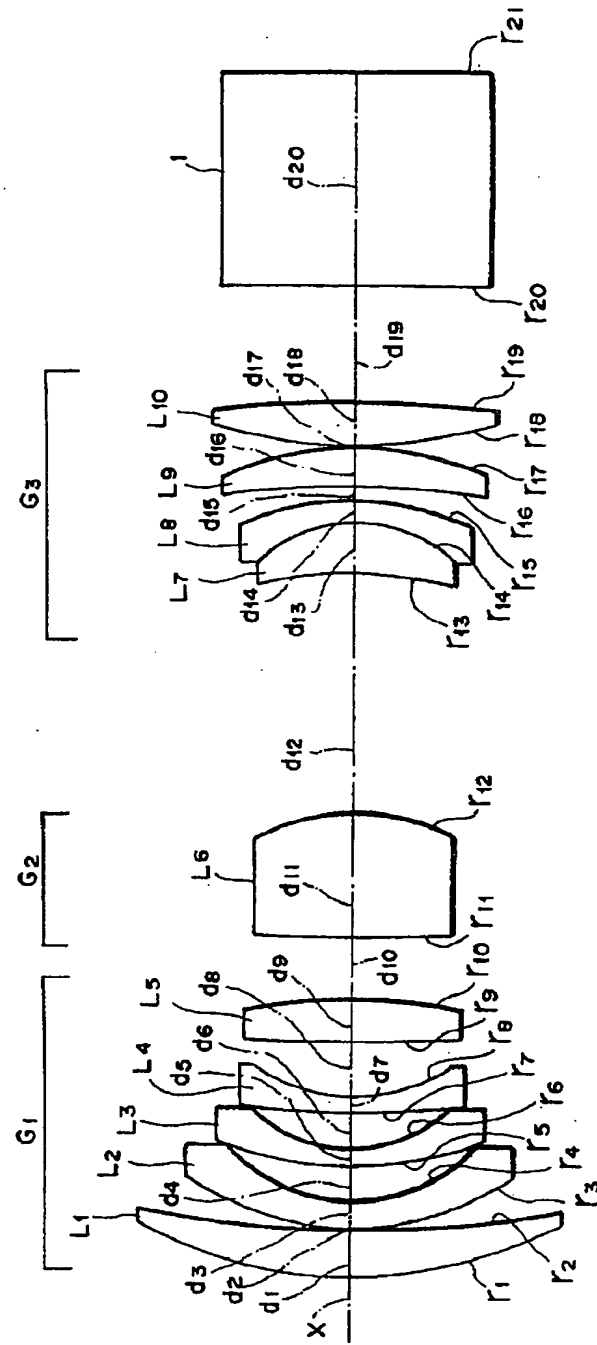
→ 大きな共役長側



【図2】

実施例2

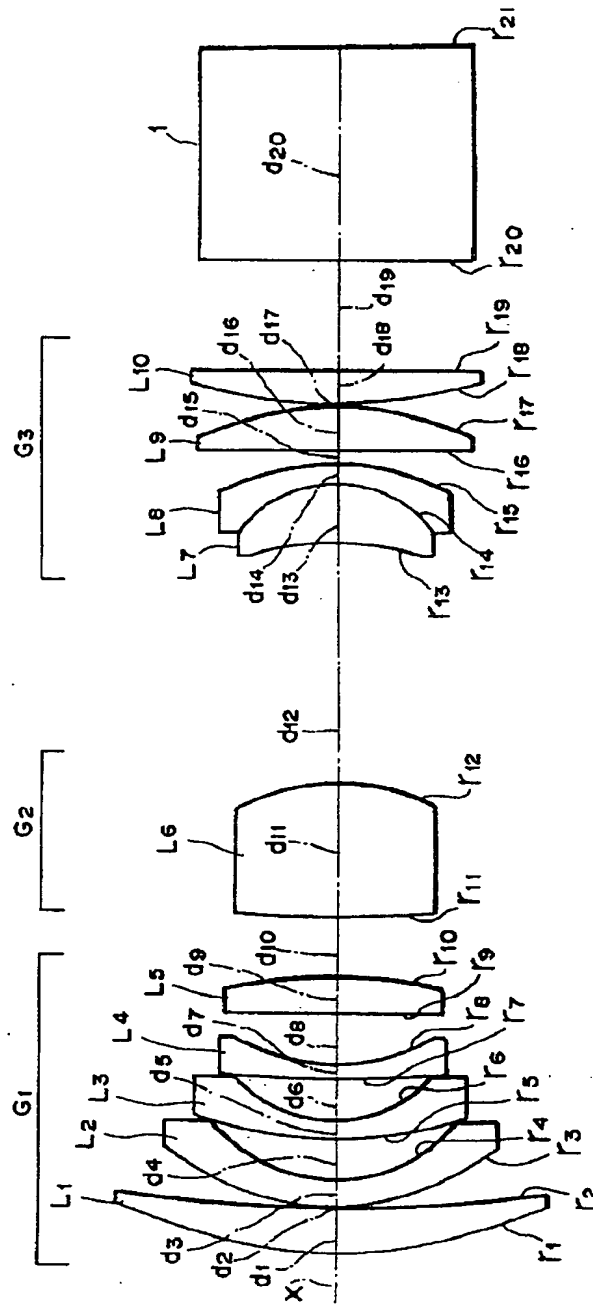
← 大きな共役長側



【図3】

実施例3

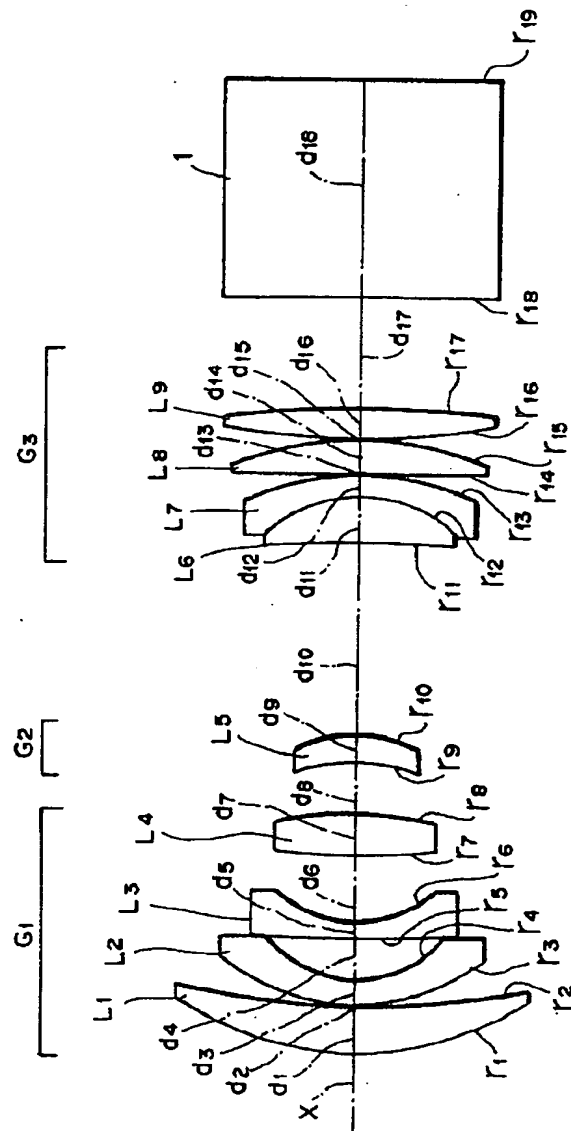
→ 大きな共役長側



【図4】

## 実施例4

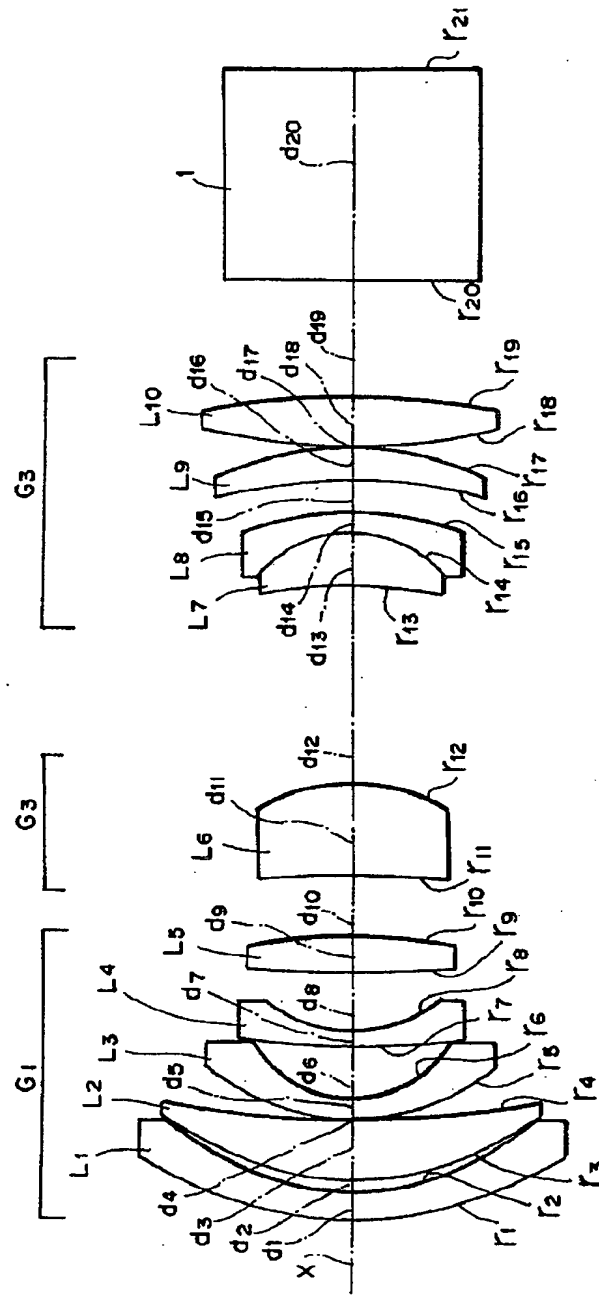
← 大きな共役長側



【図5】

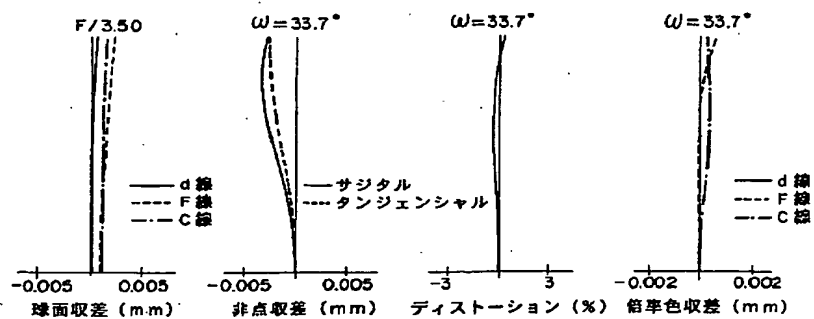
## 実施例 5

← 大きな共役長側



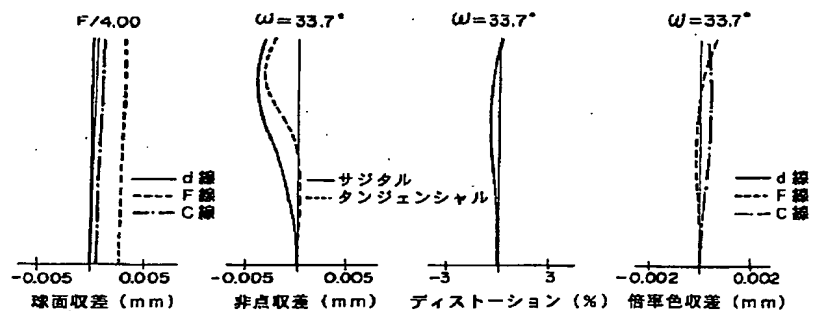
【図8】

## 実施例3



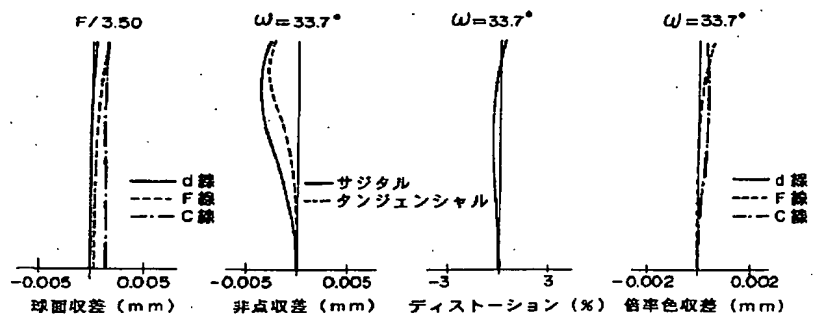
【図9】

## 実施例4



【図10】

## 実施例5





【図11】

